

Готовимся к олимпиадам

В агрохимии содержание питательного элемента фосфора в минеральных удобрениях принято выражать в пересчете на оксид фосфора(V). Определите массовую долю оксида фосфора(V) в преципитате $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, который применяется в качестве удобрения и кормовой добавки.

§ 30. Углерод — химический элемент и простое вещество

В периодической системе химических элементов **углерод С** — это химический элемент с атомным номером 6, расположен во втором периоде в IVA-группе.

Углерод в природе

Углерод — важнейший химический элемент нашей планеты. В атмосфере и земной коре углерод встречается в виде оксидов CO и CO_2 , карбонатов (например, CaCO_3 в составе мела, мрамора, известняка), ископаемого топлива (уголь, торф, нефть, газ). Углерод — основа жизни на Земле. Подавляющее большинство соединений углерода относятся к так называемым **органическим** (от слова «организм») веществам, которые более подробно будут рассмотрены в следующих параграфах учебного пособия. При разложении органических веществ образовались отложения угля, торфа и месторождения нефти.

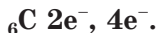
В природе постоянно осуществляется круговорот углерода (рис. 87).



Рис. 87. Круговорот углерода в природе

Строение атомов углерода

В атоме углерода 6 электронов, из них на внешнем электронном слое находится 4 электрона (см. рис. 32):



До завершения внешнего электронного слоя атому углерода не хватает 4 электронов. Поэтому в своих соединениях с металлами и водородом атомы углерода проявляют отрицательную степень окисления, равную -4 , например Al_4C_3 — карбид алюминия.

В соединениях с более электроотрицательными элементами атомы углерода проявляют положительные степени окисления $+4$ и $+2$, например CO_2 — углекислый газ и CO — угарный газ.

Строение и физические свойства простых веществ

Так же как кислород, сера и фосфор, углерод образует несколько аллотропных модификаций. Наиболее известные из них графит и алмаз.

Графит — темно-серое вещество, состоящее из атомов углерода, которые расположены послойно (рис. 88). Эти слои относительно слабо связа-

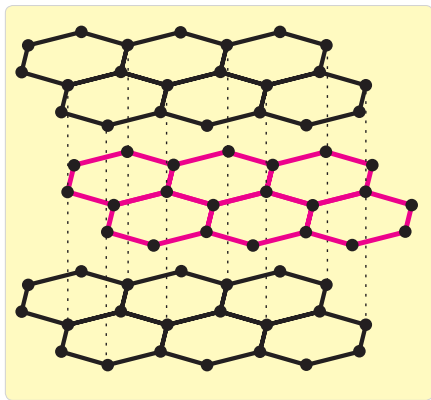


Рис. 88. Схема строения кристалла графита

ны друг с другом, поэтому графит мягкий и может быть разделен на отдельные чешуйки. На способности графита оставлять черту при трении основано его широкое использование для производства карандашей.

Сажа, древесный уголь, получаемый при нагревании древесины без доступа воздуха, и **кокс**, получаемый из каменного угля, — это продукты с высоким содержанием углерода. Древесный уголь обладает способностью поглощать (*адсорбировать*) пары, газы и вещества из жидких растворов. Это объясняется тем, что он имеет большое количество

пор и, следовательно, обладает большой поверхностью. Поместим в стакан с раствором лакмуса истолченный древесный уголь (рис. 89). Через некоторое время жидкость в стакане обесцветится, так как уголь погло-

Древесный
уголь
и раствор
лакмуса



Раствор лакмуса
после выдерживания
в нем древесного
угля



Рис. 89. Сорбционные свойства древесного угля

тит лакмус. Сорбционные свойства древесного угля широко применяются в противогазах, в химической промышленности, для обесцвечивания и очистки сахарного сиропа, масла, жиров, вин, питьевой воды, а также в медицине.

В отличие от графита в алмазе (рис. 90) каждый атом углерода связан с другими атомами четырьмя химическими связями, направленными к вершинам тетраэдра. Все связи между атомами углерода одинаковые, небольшие по длине и очень прочные. Поэтому алмаз является самым твердым природным веществом. Алмаз образует прозрачные, сильно преломляющие свет кристаллы. Ограненные алмазы называются бриллиантами.

Графит хорошо проводит электрический ток, а алмаз является изолятором.

Известны и другие аллотропные модификации углерода: *карбин*, *фуллерены*, *графен*. С ними вы познакомитесь в курсе химии 11-го класса.

В том, что разные аллотропные модификации углерода состоят из атомов одного и того же элемента, можно убедиться, сжигая их в кислороде. Все они при горении образуют один и тот же продукт — *оксид углерода(IV)* и ничего больше. Кроме того, равные массы графита, алмаза, карбина и фуллерена дадут одно и то же количество углекислого газа.

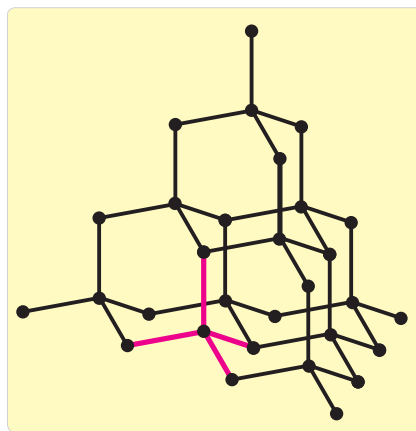
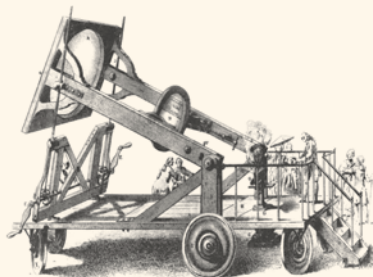


Рис. 90. Схема строения кристалла алмаза



В конце XVIII в. известный французский химик Лавуазье вместе со своими коллегами купил небольшой алмаз и сжег его в громадной «зажигательной машине» (см. рис.) с помощью сфокусированных солнечных лучей. При этом образовался только один продукт — углекислый газ CO_2 . Этот же газ Лавуазье получил и при сжигании древесного угля. Данные опыты позволили ученому сделать вывод, что алмаз и уголь имеют «одно начало».



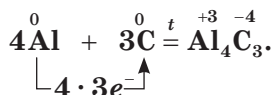
В определенных условиях возможно превращение одной модификации углерода в другую. Так, при сильном нагревании без доступа воздуха алмаз чернеет и превращается в графит. Графит при температуре выше $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении порядка $100\,000\text{ атм}$ превращается в алмаз. Этот процесс используется для получения искусственных алмазов, нашедших техническое применение.

При записи уравнений химических реакций различные модификации углерода обозначаются буквой С.

Химические свойства углерода

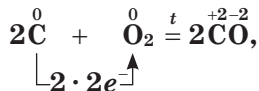
Углерод реагирует с другими веществами, как правило, при нагревании.

Окислительные свойства углерода проявляются при его взаимодействии с металлами при высокой температуре:

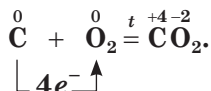


Получаемые соединения называются *карбидами*.

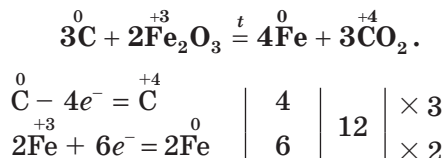
Углерод проявляет **восстановительные** свойства при взаимодействии с кислородом, образуя при недостатке кислорода оксид углерода(II):



или при его избытке — оксид углерода(IV):



Восстановительные свойства углерода проявляются и в реакциях со сложными веществами. Так, при взаимодействии углерода с *оксидом железа(III)* получают металлическое железо:



Это один из самых первых химических процессов, освоенных человеком.

Из аллотропных модификаций углерода наиболее известны графит и алмаз.

При взаимодействии с другими веществами углерод может проявлять как восстановительные, так и окислительные свойства.



Вопросы и задания

1. Охарактеризуйте химический элемент углерод, указав его положение в периодической системе (атомный номер, группа, период) и строение атома (заряд ядра, число электронных слоев, число электронов на внешнем электронном слое).
2. Пользуясь текстом параграфа, составьте в тетради таблицу, в которой сравните физические свойства графита и алмаза.
3. Приведите уравнение химической реакции, с помощью которой можно доказать, что графит и алмаз — аллотропные модификации одного и того же химического элемента.
4. Графит оставляет следы на бумаге, а алмаз легко режет стекло. Как это можно объяснить?
5. Иногда при отравлениях врачи рекомендуют применять активированный уголь — спрессованный в таблетки порошок древесного угля. Какую роль играет уголь в данном случае?
6. Приведите три уравнения реакций, характеризующих химические свойства углерода. В каждой из реакций назовите окислитель.
7. При сгорании торфа массой 1 кг образуется углекислый газ массой 2,57 кг. Вычислите массовую долю химического элемента углерода в торфе.
8. Продуктами горения метана CH_4 являются вода и углекислый газ. Определите химическое количество, массу и объем (н. у.) углекислого газа, полученного из метана объемом (н. у.) $44,8 \text{ м}^3$. Почему эта реакция считается одной из «виновных» в глобальном изменении климата? Найдите соответствующую информацию в Интернете.

Домашний эксперимент

В несколько стаканов налейте окрашенные жидкости: чай, компот, раствор зеленки (1—2 капли) в воде. В каждый стакан поместите несколько истолченных таблеток активированного угля и оставьте на некоторое время. Как изменится окраска растворов? На какое свойство угля указывает изменение их окраски?

§ 31. Оксиды углерода

Среди неорганических соединений углерода наибольшее значение имеют его кислородные соединения: оксиды, угольная кислота и ее соли.

Оксид углерода(II)

Модель молекулы оксида углерода(II) представлена на рисунке 91. Он относится к *несолеобразующим* оксидам, так как не взаимодействует в обычных условиях ни с кислотами, ни со щелочами.



Оксид углерода(II) CO образуется при неполном сгорании топлива (дров, торфа, угля) и может попадать в воздух. При вдыхании человеком такого воздуха наступает отравление (*угар*), поэтому CO называют *угарным газом*. Угарный газ содержится также в табачном дыме и выхлопных газах автомобилей. Оксид углерода(II) — **сильный яд!** При вдыхании он связывается с гемоглобином крови прочнее, чем кислород, и тем самым блокирует перенос кислорода в организме. Возникает кислородное голодание, сопровождающееся головной болью и потерей сознания. При сильном отравлении возможен смертельный исход. Человека, пострадавшего от угарного газа, надо как можно быстрее вынести на свежий воздух и оказать медицинскую помощь.

Оксид углерода(II) горит на воздухе голубоватым пламенем с выделением большого количества теплоты, превращаясь в углекислый газ:



В этой реакции оксид углерода(II) проявляет **восстановительные свойства**.

Рис. 91. Модель молекулы оксида углерода(II)